

ランダム振動に対する人体感覚特性の解明

An investigation of subjective responses to random whole-body vibration

松本 泰尚^{1*}, 笠松 徹²
Yasunao Matsumoto¹, Toru Kasamatsu²

¹ 埼玉大学 大学院理工学研究科 環境科学・社会基盤部門
Department of Civil and Environmental Engineering, Saitama University

² 埼玉大学 大学院理工学研究科 環境システム工学系専攻 環境社会基盤国際コース
Department of Civil and Environmental Engineering, Saitama University

Abstract

The present investigation was a part of a research project on assessment and prediction of subjective responses of occupants to building vibration caused by external sources. The objective of this investigation was to improve understanding of human perception of building vibration caused by road traffic. In an experiment, twenty male subjects were exposed to vibrations at frequencies of 4.0, 6.3 and 10 Hz with different number of cycles, 10, 16, 25, 50. Waveforms of those vibrations were sinusoid and sinusoid modulated by the Hanning windows. The effects of frequency and number of cycles on vibration perception were investigated for perception thresholds determined by peak acceleration and Vibration Level.

Key Words: Whole-body vibration, Perception, Environmental vibration assessment

1. 目的

本研究は、外部振動源による家屋内環境振動の人体感覚評価・予測に関する研究プロジェクトの一環であり、本学では人体感覚評価に関する研究を担当した。ランダム振動に対する人体感覚特性を解明するため、特に、周波数・振幅を制御した合成振動に対する人間の感覚応答特性について、振動台実験を実施して検討した。本研究プロジェクト内で同時進行した実振動記録を用いた実験と合わせて、人間の感覚特性に基づく家屋内振動評価法の確立に資する知見を得ることを目的としている。本研究では、

振動に対する人間の感覚的な応答特性のうち、環境振動評価の際に重要な振動知覚に着目している。

2. 方法

本学実験室内の振動試験機を用いて、被験者に対する振動実験を実施し、被験者の振動知覚特性を検討した。特に、先行して実施した戸建て住宅における実際の振動測定結果の分析から、実振動に対する知覚特性の解明に資する実験条件を設定し、実験を実施している。

2.1 使用機器

実験に使用した振動試験機は旭製作所製 VSR-S150H であり、水平 1 方向の振動発生機である。暗振動を極めて小さく抑えた振動発生機であり、振

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 2 5 5
電話：048-858-3557 FAX：048-858-3557
Email：ymatsu@mail.saitama-u.ac.jp

動知覚の実験に適したものである。実験中は、800mm×800mm の振動台上にアルミニウム製の座席を設置している。振動の計測は2箇所で行っており、振動レベル計（リオン VM-53A）を用いて振動台の中央での水平加振方向とその直交方向、及び鉛直方向の3方向、さらに加速度ピックアップ（リオン PV-87）を用いて座面の水平加振方向の1方向のそれぞれ加速度を計測した。それぞれのセンサーからの信号は、信号集録システム（ナショナルインスツルメンツ SCXI-1001, SCXI-1140, SCXI-1143, PCI-6036E）を介してPCに記録した。図1に座席および振動センサーを設置した振動試験機を示す。



図1 振動試験機

2.2 被験者

実験への参加者は、20代の男性20名であり、全て埼玉大学の学生であった。実験中、被験者には、振動台上の座席に自然な姿勢で座るように指示した。また、安全のため非常停止ボタンを持たせている。

2.3 入力振動

本実験に先立って実施した実振動記録の分析では、道路交通及び鉄道に起因する戸建て住宅の水平振動を対象とした。これらの実振動の特性としては、自動車あるいは列車の通過に伴って発生するため過渡的な特性を示すこと、加振力の周波数特性や戸建て住宅の固有振動の影響で卓越振動数成分が限られること、が挙げられることが分かった。本実験

では、このような特性を持つ実振動に対する知覚特性の解明に資する実験結果を得るために、以下の入力振動の条件を設定した。すなわち、入力振動の種類を、正弦振動をハニングウィンドウで振幅変調した過渡的振動、そのハニングウィンドウの長さと同じ時間一定の振幅を持つ正弦振動、及び連続正弦振動の3種類とした。それらに用いた振動数は4.0, 6.3, 10 Hzの3種類で、戸建て住宅で見られる水平振動の固有振動数に対応する振動数領域とした。ハニングウィンドウの長さは、それぞれの振動数の振動を10, 16, 25 サイクル含む長さとした。それと同じサイクル数だけ振幅一定となる正弦振動については、実験時間の制約から6.3 Hzのみを用いた。連続正弦振動は、前述の3種類の振動数に対して、それぞれ50サイクルの長さを持つものとした。上述のように、本実験での入力振動は、サイクル数に基づいて継続時間を設定したが、表1に示すように、継続時間2.5秒では3種類の振動数、また継続時間1.6秒及び4.0秒では2種類の振動数について、同一継続時間に対する検討も可能となるようにしている。

表1 入力振動の条件と振動継続時間の関係

継続時間 [秒]		振動数 [Hz]		
		4.0	6.3	10
サイクル数	10	2.5	1.59	1.0
	16	4.0	2.53	1.6
	25	6.25	3.97	2.5
	50	12.5	7.94	5.0

2.4 知覚閾測定方法

前節で述べた各入力振動に対し、物理刺激に対する基本的な知覚閾の測定法の一つである上下法を用いて振動知覚閾を測定した。明確に知覚できる大きさから試行を開始し、4回の「谷」および3回の「山」が得られるまで試行を続けた。それらの山および谷のうち、最初の谷以外の振動の大きさを平均することで知覚閾を決定した。知覚閾値の決定に用

いる物理量は、加速度ピーク値および振動レベルの最大値とした。振動レベル算出時には、周波数補正係数として JIS C 1510 [1]に規定されている水平特性を用いている。

3. 結果

図 2 に、サイクル数の異なる 6.3 Hz の正弦振動に対する振動レベルによる知覚閾値を示す。個々の被験者の値およびその中央値を示している。被験者間のばらつきが見られるものの、全体の傾向としてはサイクル数による系統的影響は認められず、ほぼ一定の知覚閾値となっていることが分かる。これらの振動については、加速度ピーク値が等しくサイクル数が異なる場合、サイクル数による振動レベルの変化が無視できる程度であるため、ピーク値で知覚閾値を表したとしても、図 2 と同様の傾向が見られることとなるため、加速度ピーク値での知覚閾値の結果は示していない。

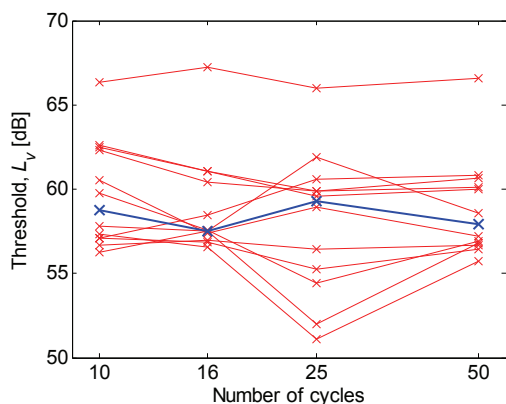
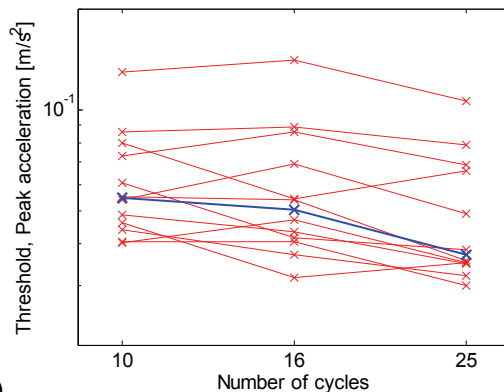


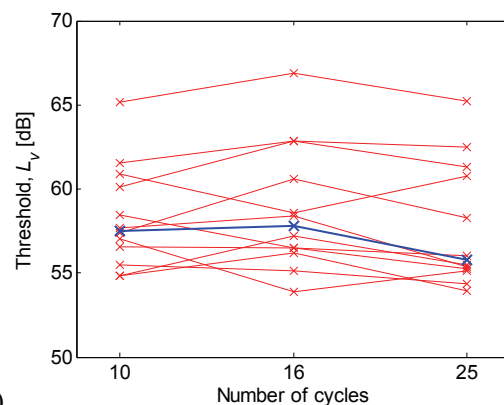
図 2 サイクル数の異なる 6.3 Hz の正弦振動に対する振動レベルによる知覚閾値 (赤：個々の被験者；青：中央値)

次に、異なる長さのハニングウィンドウで振幅変調した 10 Hz の過渡的振動に対する知覚閾値を、加速度ピーク値および振動レベルで表したものを図 3 に示す。10 Hz の過渡的振動に対しては、サイクル数が 10 から 25 に増加するにつれ、加速度ピーク値で表した知覚閾値が低下する傾向が見られる (図

3(a))。しかし、このサイクル数の影響は、振動レベルで表した知覚閾値においては明確ではないことが、図 3(b)より分かる。



(a)



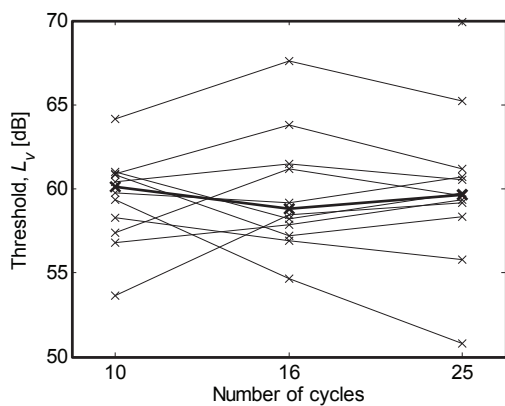
(b)

図 3 サイクル数の異なる 10 Hz の過渡的振動に対する知覚閾値 (赤：個々の被験者；青：中央値)。(a) 加速度ピーク値、(b) 振動レベル。

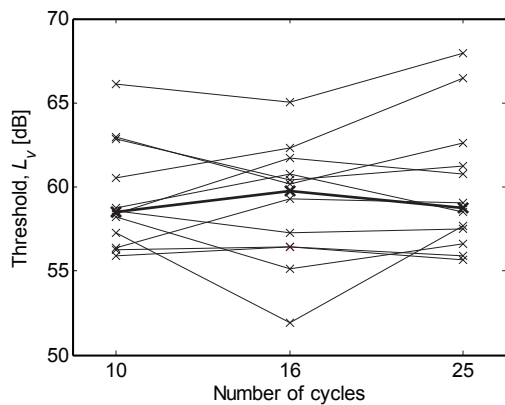
一方、他の 2 つの振動数の過渡的振動に対しては、加速度ピーク値および振動レベルで表した知覚閾値のいずれにおいても、サイクル数による一定の傾向は認められなかった。例として、図 4 に、サイクル数の異なる過渡的振動に対する振動レベルによる知覚閾値を、4.0 Hz、6.3 Hz に対して示す。

4. まとめ

本研究では、人間の感覚特性に基づく家屋内振動評価法の確立のため、特に交通振動に対する知覚特性の解明を目的とし、交通による家屋水平振動を想



(a)



(b)

図3 サイクル数の異なる過渡的振動に対する振動レベルによる知覚閾値 (赤: 個々の被験者; 青: 中央値). (a) 4.0 Hz, (b) 6.3 Hz.

定した過渡的振動を用いた被験者実験を実施した。得られた知見を以下に示す。

- サイクル数を変化させた振幅一定の 6.3 Hz の正弦振動に対しては、サイクル数 10～50 (継続時間約 1.6～8.0 秒) の範囲内において、サイクル数によらず、ある一定の加速度ピーク値で知覚閾値が決定される傾向が認められた。
- 長さを変化させたハニングウィンドウで正弦振動を振幅変調した過渡的振動に対して、10 Hz の振動については、サイクル数が 10 から 25 に増加するにつれ、より小さい加速度ピーク値で振動が知覚される傾向が認められたが、4.0, 6.3 Hz の振動については同様の傾向は見られなかった。一方、振動レベルで知覚閾値を表した場合、実験で用い

たすべての振動数について、サイクル数の影響は認められなかった。

本研究で用いた実験条件は限られたものであり、交通振動などの実振動に対する人間の振動感覚特性の解明のためには、今後より幅広い条件に対する検討が必要であるものの、本実験の結果は、交通振動の評価に対する振動レベルの有効性をある程度示したものとと言える。

参考文献

- [1] 日本規格協会：振動レベル計，JIS C 1510, 1995.